

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. März 2001 (01.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/15290 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01S 3/042, 3/06

[DE/DE]; Danziger Strasse 102, D-22113 Oststeinbeck
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/08079

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. August 2000 (18.08.2000)

(74) Anwalt: MÖRTEL & HÖFNER; Blumenstrasse 1,
D-90402 Nürnberg (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

(30) Angaben zur Priorität:
199 39 774.0 21. August 1999 (21.08.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): ROFIN-SINAR LASER GMBH [DE/DE];
Berzeliusstrasse 83, D-22113 Hamburg (DE).

Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

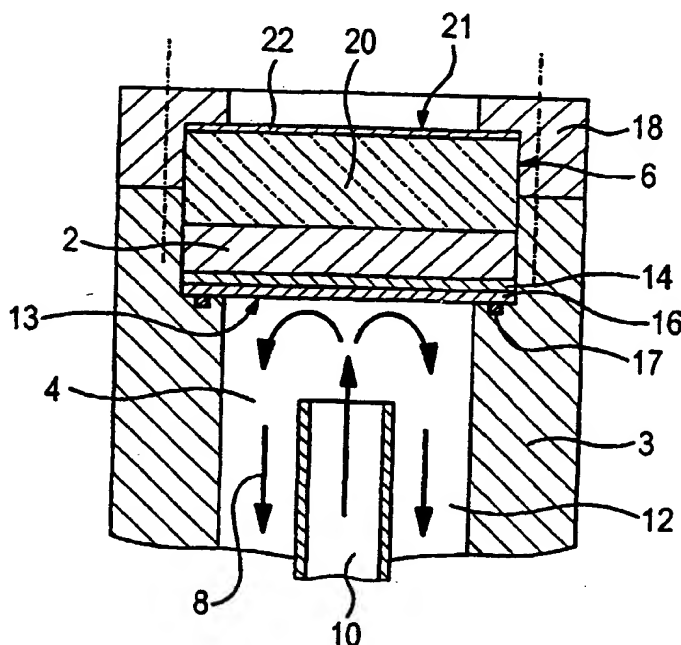
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LUDEWIGT, Klaus

(54) Title: SOLID-STATE LASER COOLING

(54) Bezeichnung: FESTKÖRPERLASERKÜHLUNG



(57) Abstract: The invention relates to a solid-state laser with a crystal disk (2) as the active medium and a cooling chamber (4) which receives a cooling liquid (8). Said crystal disk (2) represents a wall element of the cooling chamber (4) and is in direct thermal contact with the cooling liquid with its planar side (13) that faces the cooling chamber (4). An optically transparent support element (20) is located on the side of the crystal disk (2) that faces away from the cooling chamber (4).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf einen Festkörperlaser mit einer Kristallscheibe (2) als aktives Medium und einer Kühlflüssigkeit (8) aufnehmenden Kühlkammer (4), wobei die Kristallscheibe (2) ein Wandelement der Kühlkammer (4) bildet und mit ihrer der Kühlkammer (4) zugewandten Flachseite (13) in unmittelbarem thermischen Kontakt mit der Kühlflüssigkeit steht, und wobei an der der Kühlkammer (4) abgewandten Seite der Kristallscheibe (2) ein optisch transparenter Stützkörper (20) angeordnet ist.

WO 01/15290 A1

Beschreibung

FESTKÖRPERLASERKÜHLUNG

Die Erfindung bezieht sich auf einen Festkörperlaser mit einer Kristallscheibe als aktives Medium, die zur Kühlung mit einer in einer Kühlkammer befindlichen Kühlflüssigkeit in direktem thermischen Kontakt steht.

Ein solcher Festkörperlaser ist beispielsweise aus der US-Patentschrift 5,553,088 A bekannt. Laseraktives Basiselement eines solchen Festkörperlaser, der in der Literatur auch als Scheibenlaser bezeichnet wird, ist eine dünne, nur wenige Zehntelmillimeter bis wenige Millimeter dicke und typisch einen Durchmesser im Größenordnungsbereich von etwa 10 mm aufweisende Kristallscheibe, die auf einem massiven aus Kupfer bestehenden Kühlkörper angeordnet und auf ihrer dem Kühlkörper zugewandten Oberfläche mit einer reflektierenden Schicht versehen ist. Zur Verbindung der Kristallscheibe mit dem Kühlkörper wird eine weiche Zwischenschicht, beispielsweise Indium In, eingesetzt, die die thermischen Verformungen des Kristalls im Laserbetrieb aufnehmen kann. Die in der Kristallscheibe entstehende Wärme fließt über die duktile Zwischenschicht in den massiven Kühlkörper. Dieser wird von einer Kühlflüssigkeit, in der Regel Wasser, durchströmt, wodurch die Wärme abtransportiert wird.

Der bekannte Aufbau weist jedoch eine Reihe von Nachteilen auf. Durch die Verwendung einer duktilen Zwischenschicht zwischen dem Kühlkörper und der Kristallscheibe wird der Wärmeübergangswiderstand auch bei idealem großflächigen Kontakt erhöht. Der Wärmeübergangswiderstand hängt außerdem empfindlich von der Qualität des Kontaktes zwischen der Kristall-

1 scheibe und dem Kühlkörper ab, so daß ein hoher fertigungs-
2 technischer Aufwand betrieben werden muß, um eine ausreichen-
3 de Reproduzierbarkeit des thermischen Kontaktes zu erzielen.
4 Darüber hinaus läßt sich im Betrieb bei zu starken, thermisch
5 verursachten Verformungen der Kristallscheibe nicht vermei-
6 den, daß der Kühlkontakt teilweise abreißen kann, so daß in
7 diesen Zonen eine deutliche Verschlechterung der Wärmeabfuhr
8 auftritt.

9

10 Die vorgenannten Nachteile könnten nun dadurch vermieden wer-
11 den, wenn zwischen der Kühlflüssigkeit und der Kristallschei-
12 be ein direkter thermischer Kontakt bestehen würde, wie er
13 beispielsweise bei der aus der DE 197 34 484 A1 bekannten
14 Kühlanordnung für eine Laserdiode bekannt ist. Bei dieser be-
15 kannten Kühlanordnung ist eine Laserdiode auf einem Kühlkör-
16 per angeordnet, der mit einem Kühlkanal für eine Kühlflüssig-
17 keit versehen ist. Die Laserdiode ist über einer Öffnung des
18 Kühlkanals angebracht, so daß sie in direktem thermischen
19 Kontakt mit der Kühlflüssigkeit steht. Auf diese Weise ist
20 auch bei eventuellen thermischen Verformungen ein gute Küh-
21 lung sichergestellt.

22

23 Ebenso ist es aus IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol.
24 34, No. 6, 1998, S. 1046-1053 bekannt, die Laserstäbe eines
25 Festkörperlasers durch unmittelbaren Kontakt mit Kühlwasser
26 zu kühlen.

27

28 Eine derartige direkte Kühlung ist jedoch mit der zerbrechli-
29 chen dünnen Kristallscheibe eines Scheibenlasers nicht ohne
30 weiteres möglich.

31

32 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen Festkör-
33 perlaser mit einer Kristallscheibe als aktives Medium an-
34 zugeben, bei dem die Kühlung gegenüber bekannten Scheibenla-
35 sern verbessert ist.

1
2 Die genannte Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit den
3 Merkmalen des Patentanspruches 1. Da die Kristallscheibe ge-
4 mäß der Erfindung ein Wandelement einer die Kühlflüssigkeit
5 aufnehmenden Kühlkammer bildet und somit eine ihrer Flachsei-
6 ten unmittelbar in thermischem Kontakt mit der Kühlflüssig-
7 keit steht, ist ein minimaler Wärmeübergangswiderstand ge-
8 währleistet, der auch durch die Verformung der Kristallschei-
9 be nicht beeinflußt wird, da die Kühlflüssigkeit die Kris-
10 tallscheibe stets unabhängig von deren Form berührt, so daß
11 ein Kühlabriß nicht stattfinden kann. Außerdem ist eine hohe
12 Reproduzierbarkeit des niedrigen Wärmeübergangswiderstandes
13 fertigungstechnisch einfach realisierbar.

14
15 Die Kühlung durch unmittelbaren thermischen Kontakt mit der
16 Kühlflüssigkeit ist möglich, da auf der der Kühlkammer abge-
17 wandten Seite der Kristallscheibe ein optisch transparenter
18 Stützkörper angeordnet ist. Durch diese Maßnahme wird eine
19 Verformung der Kristallscheibe vermieden, die durch eine
20 Druckdifferenz verursacht wird, die zwischen der Kühlkammer
21 und dem Außenraum aufgrund des Drucks der Kühlflüssigkeit
22 entsteht. Ebenso werden Schwingungen der Kristallscheibe un-
23 terdrückt und insbesondere bei direkt auf die Kristallscheibe
24 zuströmender Kühlflüssigkeit deren Zerbrechen bei zu hohem
25 Flüssigkeitsdruck vermieden. Die Verwendung eines Stützkör-
26 pers ist dabei insbesondere bei sehr geringer Dicke der Kris-
27 tallscheiben, beispielsweise kleiner als 300 µm, von Vorteil,
28 wie sie in Hochleistungslasern eingesetzt werden.

29
30 Vorzugsweise ist die Kristallscheibe an ihrer der Kühlkammer
31 zugewandten, in unmittelbarem thermischen Kontakt mit der
32 Kühlflüssigkeit stehenden Flachseite mit einer gegen mechani-
33 sche und chemische Angriffe durch die Kühlflüssigkeit wider-
34 standsfähigen Schutzschicht versehen. Dadurch ist eine hohe
35 Betriebsdauer der Kristallscheibe gewährleistet.

1
2 Insbesondere besteht die die Oberfläche der Kristallscheibe
3 bildende Schutzschicht aus Metall, insbesondere Gold (Au). Da
4 eine beispielsweise aufgedampfte Goldschicht als abschließen-
5 de Schicht auf der Reflexionsschicht der Kristallscheibe sehr
6 gut haftet, ist sowohl eine hohe mechanische als auch eine
7 hohe chemische Stabilität gegen die Kühlflüssigkeit gewähr-
8 leistet.

9
10 Alternativ hierzu besteht die Schutzschicht aus einem die-
11 lektrischen Werkstoff, insbesondere Siliziumdioxid (SiO_2).
12 Durch die Maßnahme wird die mechanische Stabilität weiter er-
13 höht.

14
15 In einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Stützkörper
16 scheibenförmig und mit einer Flachseite kraftschlüssig mit
17 der Kristallscheibe verbunden. Durch die flächige Verbindung
18 wird eine besonders gleichmäßige Abstützung der Kristall-
19 scheibe erzielt.

20
21 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung
22 ist die Kristallscheibe an den Stützkörper gepreßt. Eine sol-
23 che mechanische Preßverbindung läßt sich fertigungstechnisch
24 besonders einfach realisieren und ermöglicht auch eine Demon-
25 tage von Kristallscheibe und Stützkörper.

26
27 In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung
28 ist der Stützkörper unlösbar mit der Kristallscheibe verbun-
29 den. Durch diese Maßnahme kann ein besonders guter Kontakt
30 zwischen Stützkörper und Kristallscheibe sichergestellt wer-
31 den.

32
33 Der Stützkörper besteht vorzugsweise aus undotiertem YAG oder
34 aus Saphir, die vorzugsweise durch ein Diffusionsbondverfah-
35 ren mit der Kristallscheibe verbunden sind, und auf diese

1 Weise eine besonders stabile Verbindung zwischen Kristall-
2 scheibe und Stützkörper ermöglichen.

3

4 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung
5 ist die der Kristallscheibe abgewandte Stirnfläche des Stütz-
6 körpers gekrümmt. Dadurch kann der Stützkörper zugleich zur
7 Strahlformung verwendet werden.

8

9 Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausfüh-
10 rungsbeispiele der Zeichnung verwiesen. Es zeigen:

11

12 Fig. 1 einen Festkörperlaser mit einer direkt gekühlten
13 Kristallscheibe gemäß der Erfindung in einem schema-
14 tischen Querschnitt,

15 Fig. 2 eine weitere vorteilhafte Ausführungsform eines er-
16 findungsgemäßen Festkörperlasers ebenfalls in einem
17 schematischen Querschnitt.

18

19 Gemäß Fig. 1 ist eine als laseraktives Medium verwendete
20 Kristallscheibe 2 in die Wand 3 einer Kühlkammer 4 eingesetzt
21 und bildet ein die Kühlkammer 4 begrenzendes Wandelement. In
22 der im Ausführungsbeispiel hohlzylindrische Kühlkammer 4 be-
23 findet sich hierzu am Innenumfang eine Nut 6, in die die
24 Kristallscheibe 2 eingesetzt ist.

25

26 In der Kühlkammer 4 befindet sich Kühlflüssigkeit 8, die im
27 Beispiel von einem internen Kühlkanal 10 geführt ist und die
28 Kristallscheibe 2 unmittelbar anströmt, von dieser umgelenkt
29 und in einem Ringkanal 12 abgeführt wird.

30

31 Die Kristallscheibe 2 ist an ihrer der Kühlkammer 4 zugewand-
32 ten Flachseite 13 mit einer hochreflektierenden, in der Regel
33 mehrschichtigen Spiegelschicht 14 versehen, auf der eine
34 Schutzschicht 16, beispielsweise Gold (Au) oder Siliziumdi-
35 oxid (SiO_2), aufgebracht ist, wobei die optischen Eigenschaf-

1 ten der Schutzschicht 16 die reflektierenden Eigenschaften
2 der Spiegelschicht 14 zusätzlich verbessern können. Mit ande-
3 ren Worten: Die Schutzschicht 16 kann auch die die Oberfläche
4 bildende letzte Schicht der mehrschichtigen Spiegelschicht 14
5 sein.

6

7 Die Schutzschicht 16 ist einerseits mechanisch hinreichend
8 stabil, um nicht durch die anströmende Kühlflüssigkeit 8, in
9 der Regel Wasser, abgelöst werden zu können. Andererseits
10 schützt die Schutzschicht 16 die darunterliegende Spiegel-
11 schicht 14 vor einem chemischen Angriff durch die Kühlflüs-
12 sigkeit 8.

13

14 Um eine ausreichende Dichtigkeit der Kühlkammer 4 nach außen
15 zu erreichen, können zusätzlich Dichtmittel 17, beispielswei-
16 se ein elastischer Dichtring, vorgesehen sein, die zusätzlich
17 zu einen Preßsitz der Kristallscheibe in den Nuten 6 führen.
18 Hierzu ist im Beispiel ein Ringflansch 18 vorgesehen, der ge-
19 gen die Stirnfläche der Wand 3 verspannt wird, wobei Stirn-
20 fläche und Wand jeweils Ausnehmungen aufweisen, die im zusam-
21 mengefügten Zustand die Nut 6 bilden.

22

23 An ihrer der Kühlkammer 4 abgewandten Flachseite der Kris-
24 tallscheibe 2 ist ein optisch transparenter Stützkörper 20
25 angeordnet, der an seiner von der Kühlkammer 4 abgewandten
26 Stirnseite 21 mit einer antireflektierenden, hochtransparen-
27 ten Schicht 22 versehen ist.

28

29 Im Ausführungsbeispiel wird die Kristallscheibe 2 longitudi-
30 nal gepumpt, d. h. das Pumplicht wird auf der Flachseite der
31 Kristallscheibe 2 eingekoppelt, aus der der Laserstrahl L
32 austritt. Alternativ hierzu kann die Kristallscheibe 2 auch
33 radial gepumpt werden. In diesem Fall sind im Bereich der
34 Nut 6 radiale Durchgangsöffnungen vorgesehen, durch die das
35 Pumplicht seitlich in die Kristallscheibe 2 eintreten kann.

1 Das Pumplicht kann auch seitlich und schräg in den Stützkör-
2 per 20 eingekoppelt und von dort durch innere Reflexion in
3 die Kristallscheibe 2 gelenkt werden.

4
5 Der Stützkörper 20 ist ebenso wie die Kristallscheibe 2
6 scheibenförmig, so daß zwischen Kristallscheibe 2 und Stütz-
7 körper 20 eine flächige Verbindung entsteht. Diese kann durch
8 eine Preßverbindung zwischen Kristallscheibe 2 und Stützkör-
9 per 20, beispielsweise durch Einspannen in die Nut 6 mit Hil-
10 fe des Ringflansches 18 herbeigeführt werden Vorzugsweise ist
11 jedoch eine unlösbare Bondverbindung vorgesehen, wobei insbe-
12 sondere eine Verbindung durch ein Diffusionsbondverfahren
13 vorteilhaft ist. Beim Diffusionsbondverfahren werden die zu
14 verbindenden Teile sehr gut poliert, aneinandergedreht und
15 dann auf eine Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunktes
16 gebracht. Dann setzt ein Ionenaustausch durch die Grenzfläche
17 ein (Diffusion), so daß eine feste Verbindung mit hoher opti-
18 scher Qualität entsteht. Dieses Verfahren wird beispielsweise
19 von der Firma ONYX OPTICS, 6551 Sierra Lane, Dublin, Califor-
20 nia 94568, durchgeführt.

21
22 Für die Herbeiführung einer ausreichenden mechanischen Stabi-
23 lität reicht eine Dicke des Stützkörpers 20 im Millimeterbe-
24 reich aus. Als Werkstoff ist insbesondere Saphir oder undo-
25 tiertes YAG geeignet. Diese haben neben hervorragenden opti-
26 schen Eigenschaften auch noch den Vorteil, daß sich ihre Aus-
27 dehnungskoeffizienten nur geringfügig vom Ausdehnungskoeffi-
28 zienten der Kristallscheibe 2 unterscheiden.

29
30 Wird die Kristallscheibe 2 nur mechanisch an den Stützkör-
31 per 20 angepreßt, so kann zusätzlich zwischen Kristallschei-
32 be 2 und Stützkörper 20 eine reflexionsmindernde Grenzschicht
33 eingebracht werden. Diese entfällt, wenn Kristallscheibe 2
34 und Stützkörper 20 durch ein Diffusionsbondverfahren unmit-
35 telbar miteinander verbunden werden.

1
2 Alternativ zu der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform des
3 Stützkörpers 20 mit planer Stirnfläche 21 ist gemäß Fig. 2
4 die Stirnfläche 21 konkav oder wie im Ausführungsbeispiel
5 dargestellt konvex gekrümmt. In diesem Fall wirkt der Stütz-
6 körper 20 zugleich als abbildendes optisches Element und
7 dient zugleich der geometrischen Formung (Strahlformung) des
8 Laserstrahls. Eine solche Formgebung ist möglich, da der
9 Stützkörper 20 eine Dicke aufweist, die ein formgebendes
10 Schleifen der Oberfläche ermöglicht. Grundsätzlich ist das
11 Anbringen eines solchen optischen Elementes auf der Kristall-
12 scheibe 2 auch in Scheibenlasern von Vorteil, bei denen die
13 Kristallscheibe 2 herkömmlich gekühlt wird, d. h. nicht wie
14 bei der vorliegenden Erfindung in unmittelbarem Kontakt mit
15 der Kühlflüssigkeit steht.

16

17

18

19

20

Bezugszeichenliste

- 2 Kristallscheibe
- 3 Wand
- 4 Kühlkammer
- 6 Nut
- 8 Kühlflüssigkeit
- 10 Kühlkanal
- 12 Ringkanal
- 13 Flachseite
- 14 Spiegelschicht
- 16 Schutzschicht
- 17 Dichtmittel
- 18 Ringflansch
- 20 Stützkörper
- 21 Stirnfläche
- 22 antireflektierende Schicht

Ansprüche

1. Festkörperlaser mit einer Kristallscheibe (2) als aktives Medium und einer eine Kühlflüssigkeit (8) aufnehmenden Kühlkammer (4), wobei die Kristallscheibe (2) ein Wandelement der Kühlkammer (4) bildet und mit ihrer der Kühlkammer (4) zugewandten Flachseite (13) in unmittelbarem thermischen Kontakt mit der Kühlflüssigkeit steht, und wobei an der der Kühlkammer (4) abgewandten Seite der Kristallscheibe (2) ein optisch transparenter Stützkörper (20) angeordnet ist.
2. Festkörperlaser nach Anspruch 1, bei dem die der Kühlkammer (4) zugewandte Flachseite (13) der Kristallscheibe (2) mit einer gegen mechanische und chemische Angriffe durch die Kühlflüssigkeit (8) widerstandsfähigen Schutzschicht (16) versehen ist.
3. Festkörperlaser nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Stützkörper (20) scheibenförmig ist und mit einer Flachseite kraftschlüssig mit der Kristallscheibe (2) verbunden ist.
4. Festkörperlaser nach Anspruch 3, bei dem die Kristallscheibe (2) an den Stützkörper (20) gepreßt ist.
5. Festkörperlaser nach Anspruch 3, bei dem der Stützkörper (20) unlösbar mit der Kristallscheibe (2) verbunden ist.

- 1 6. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem
2 der Stützkörper (20) aus undotiertem YAG besteht.
3
- 4 7. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem
5 der Stützkörper (20) aus Saphir besteht.
6
- 7 8. Festkörperlaser nach Anspruch 7 oder 8, bei dem der Stütz-
8 körper (20) mit der Kristallscheibe (2) durch ein Diffusi-
9 onsbondverfahren verbunden ist.
10
- 11 9. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem
12 die Schutzschicht (16) aus Gold (Au) besteht.
13
- 14 10. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem
15 die Schutzschicht (16) aus Siliziumdioxid (SiO_2) besteht.
16
- 17 11. Festkörperlaser nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
18 bei dem die der der Kristallscheibe (2) abgewandte Stirn-
19 fläche (21) des Stützkörpers (20) gekrümmt ist.

1/1

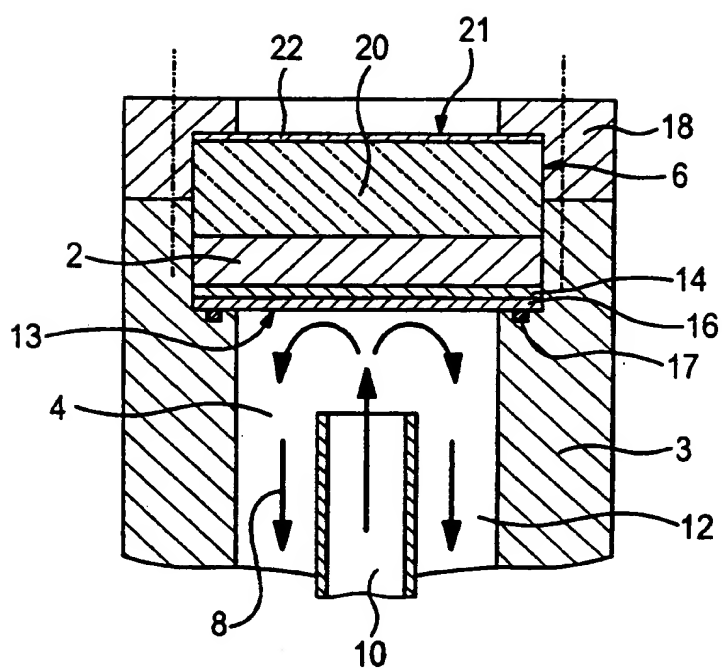


Fig. 1

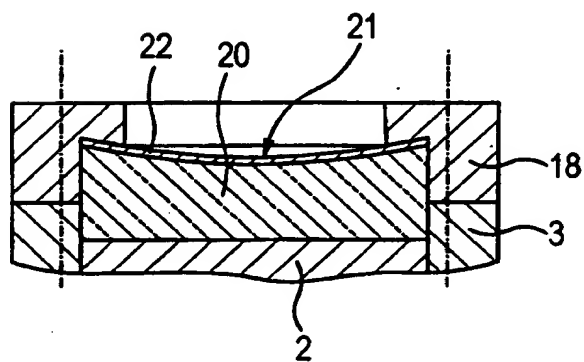


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 00/08079

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01S3/042 H01S3/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, IBM-TDB, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 553 088 A (BRAUCH UWE ET AL) 3 September 1996 (1996-09-03) cited in the application column 9, line 15 -column 10, line 49; figures 1-3	1-11
A	DE 19 42 002 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 5 March 1970 (1970-03-05) the whole document	1, 3, 11
A	WO 98 10497 A (LAURELL FREDRIK) 12 March 1998 (1998-03-12) page 18, line 6 - line 23; figure 7	1, 3, 6
A	DE 42 39 653 A (DEUTSCHE AEROSPACE) 1 June 1994 (1994-06-01) column 2, line 23 -column 3, line 39; figures 1-7	1-3, 5, 8, 10
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 November 2000

Date of mailing of the international search report

06/12/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Stang, I

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter 1st Application No
PCT/EP 00/08079

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WEBER R ET AL: "COOLING SCHEMES FOR LONGITUDINALLY DIODE LASER-PUMPED ND:YAG RODS"</p> <p>IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, US, IEEE INC. NEW YORK, vol. 34, no. 6, 1 June 1998 (1998-06-01), pages 1046-1053, XP000765507 ISSN: 0018-9197 cited in the application</p> <p>* Paragraph * figure 1</p>	1,6,7
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 125 (E-1332), 16 March 1993 (1993-03-16) -& JP 04 302186 A (HITACHI LTD), 26 October 1992 (1992-10-26) abstract</p>	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/08079

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5553088	A	03-09-1996	DE 4344227 A DE 59407111 D EP 0632551 A EP 0869591 A EP 0869592 A	19-01-1995 26-11-1998 04-01-1995 07-10-1998 07-10-1998
DE 1942002	A	05-03-1970	FR 2016462 A GB 1274491 A US 3631362 A	08-05-1970 17-05-1972 28-12-1971
WO 9810497	A	12-03-1998	SE 510442 C EP 0923799 A SE 9603234 A	25-05-1999 23-06-1999 06-03-1998
DE 4239653	A	01-06-1994	NONE	
JP 04302186	A	26-10-1992	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/08079

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01S3/042 H01S3/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, IBM-TDB, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 553 088 A (BRAUCH UWE ET AL) 3. September 1996 (1996-09-03) in der Anmeldung erwähnt Spalte 9, Zeile 15 - Spalte 10, Zeile 49; Abbildungen 1-3	1-11
A	DE 19 42 002 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 5. März 1970 (1970-03-05) das ganze Dokument	1,3,11
A	WO 98 10497 A (LAURELL FREDRIK) 12. März 1998 (1998-03-12) Seite 18, Zeile 6 - Zeile 23; Abbildung 7	1,3,6
A	DE 42 39 653 A (DEUTSCHE AEROSPACE) 1. Juni 1994 (1994-06-01) Spalte 2, Zeile 23 - Spalte 3, Zeile 39; Abbildungen 1-7	1-3,5,8, 10
-/-		



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

g Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. November 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

06/12/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Stang, I

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern 1ales Aktenzeichen

PCT/EP 00/08079

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>WEBER R ET AL: "COOLING SCHEMES FOR LONGITUDINALLY DIODE LASER-PUMPED ND:YAG RODS"</p> <p>IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS,US,IEEE INC. NEW YORK, Bd. 34, Nr. 6, 1. Juni 1998 (1998-06-01), Seiten 1046-1053, XP000765507</p> <p>ISSN: 0018-9197</p> <p>in der Anmeldung erwähnt</p> <p>* Abschnitt I *</p> <p>Abbildung 1</p> <p>---</p>	1,6,7
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN</p> <p>vol. 017, no. 125 (E-1332),</p> <p>16. März 1993 (1993-03-16)</p> <p>-& JP 04 302186 A (HITACHI LTD),</p> <p>26. Oktober 1992 (1992-10-26)</p> <p>Zusammenfassung</p> <p>-----</p>	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/08079

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5553088 A	03-09-1996	DE 4344227 A	19-01-1995
		DE 59407111 D	26-11-1998
		EP 0632551 A	04-01-1995
		EP 0869591 A	07-10-1998
		EP 0869592 A	07-10-1998
DE 1942002 A	05-03-1970	FR 2016462 A	08-05-1970
		GB 1274491 A	17-05-1972
		US 3631362 A	28-12-1971
WO 9810497 A	12-03-1998	SE 510442 C	25-05-1999
		EP 0923799 A	23-06-1999
		SE 9603234 A	06-03-1998
DE 4239653 A	01-06-1994	KEINE	
JP 04302186 A	26-10-1992	KEINE	